

## 갈릴레오와 새로운 역학의 탄생

## 아리스토텔레스의 운동론

### 자연스러운 운동

잠재된 본성의 실현 과정

무거움에 의한 자유낙하  
가벼움에 의한 수직상승  
천구의 영원한 등속원운동

### 강제된 운동

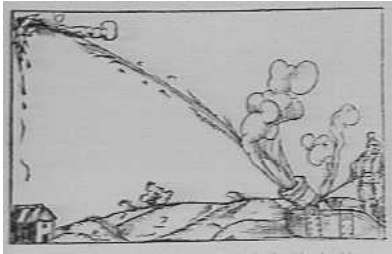
본성을 거스르는 운동 - 외부의 강제력 필요

### 진공은 불가능하다

$v \propto F/R$   
If  $R \rightarrow 0$ , then  $v \rightarrow \infty$

### 중세에도 지속된 투사체 문제

활을 떠난 화살은 어떻게 계속 움직이나?

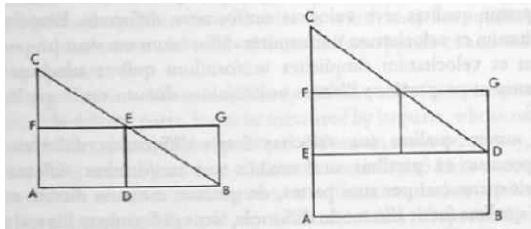


### 임페투스 이론 (14c)

처음의 운동원인은 임페투스를 물체에 전달  
임페투스가 소진되고 나면 무거움(gravitas)에 의해 낙하

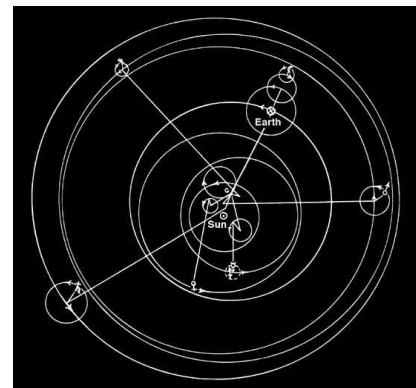
### 속도란 무엇인가?

순간속도, 평균속도 개념 구분  
등속운동, 등가속운동 분석

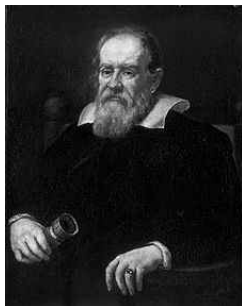


### 평균 속도 정리(Mean Speed Theorem)

x축은 시간, y축은 속도와 대응시킨 그래프 이용



### 코페르니쿠스의 태양중심설(1543)



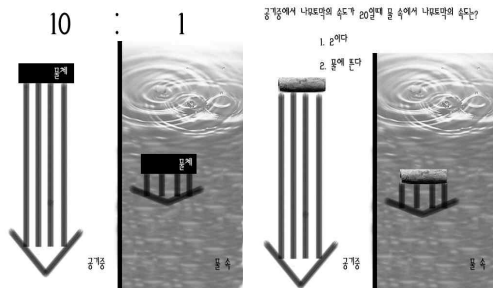
### 갈릴레오 갈릴레이(Italy, 1564-1642)

수학자로서 경력 쌓은 후 메디치가의 철학자로

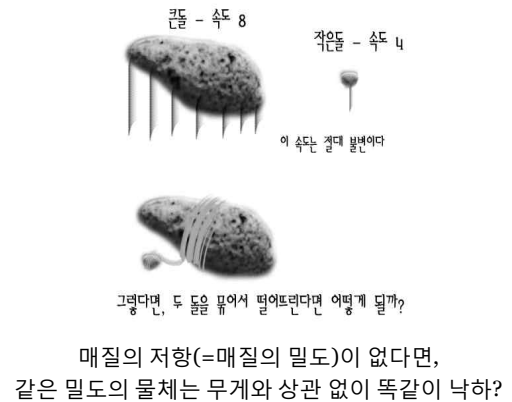
### 아리스토텔레스의 운동론 비판

피사/파도바 대학 시절의 연구 -- *De Motu* (1590s)

운동  $\propto$  힘/저항?  
**No!**

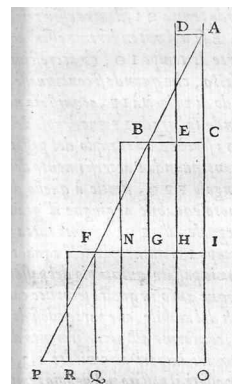


운동은 매질의 저항에 반비례하지 않는다!  
운동  $\propto$  물체의 밀도 - 매질의 밀도(저항)



## 자유낙하 법칙(1604)

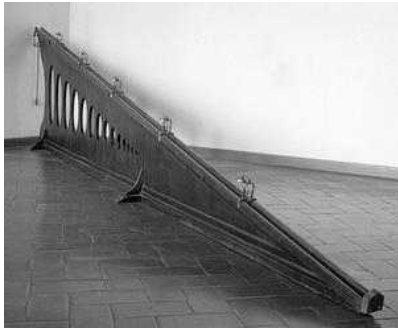
저항이 없다면 모든 물체는 종류나 크기에 상관없이 동일한 속도로 낙하하며, 낙하하는 물체의 속도는 시간에 비례하여 증가한다.



## 낙하거리 법칙

$v \propto t$  가정으로부터  
 $s \propto t^2$  연역적으로 도출  
이후 실험적으로 입증 시도

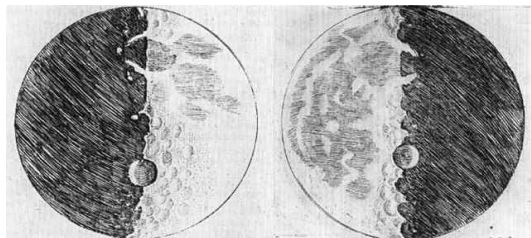
《새로운 두 과학》(1638)에서 발표



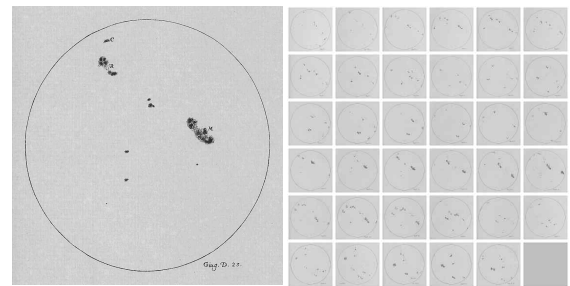
경사면 실험을 통한 입증



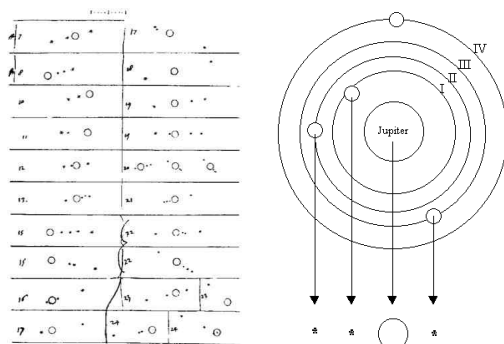
망원경으로 하늘을 보다



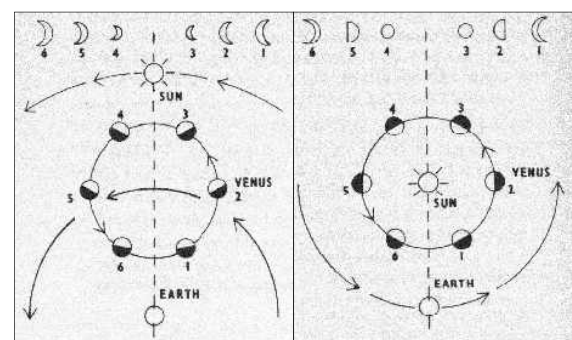
1. 울퉁불퉁한 달 표면



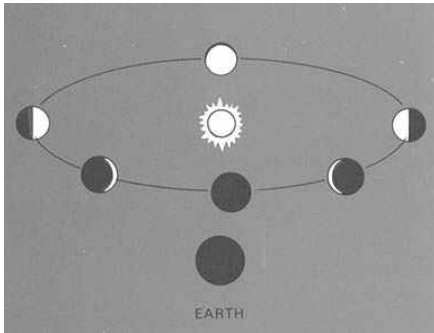
2. 태양의 흑점 변화



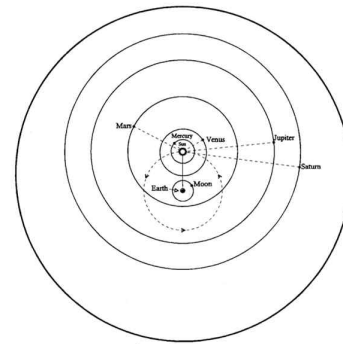
3. 목성의 위성



4. 금성의 위상 변화



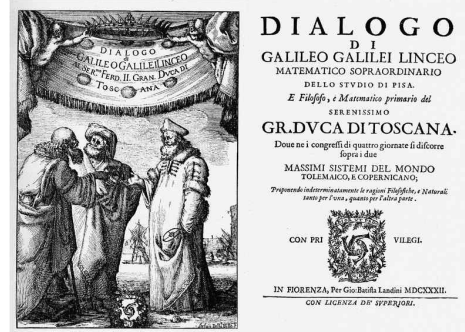
**금성 위상 변화 = 결정적 증거?**



## 태양중심설의 전도사가 된 갈릴레오

우주의 중심에 지구가 있는 것이 아니라면,  
그리고 지구가 태양 주위를 선회하고 있다면,

물체는 왜 우주의 중심이 아닌 지구를 향해 떨어지는가?  
우리는 왜 지구의 운동을 인식하지 못하는가?  
수직으로 쏘아 올린 화살은 왜 뒤쳐지지 않는가?



《두 가지 주요한 우주 체계에 관한 대화》 (1632)

## 지구가 운동하더라도 문제가 발생하지 않는다!

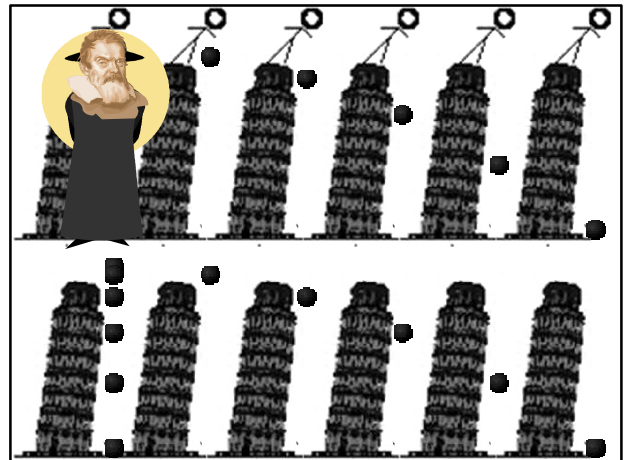
관성, 운동의 상대성, 운동의 분해와 합성 도입

## Q1. 탑에서 떨어뜨린 공은 수직으로 지구중심을 향해 떨어진다!

지구가 우주의 중심이며 회전하지 않는다는 뜻?

**No!**

탑 꼭대기에서 떨어뜨린 공이 바로 밑으로 떨어진다고 하더라도 그걸 갖고 지구가 가만히 있는지 아니면 움직이는지 추론할 수는 없네.



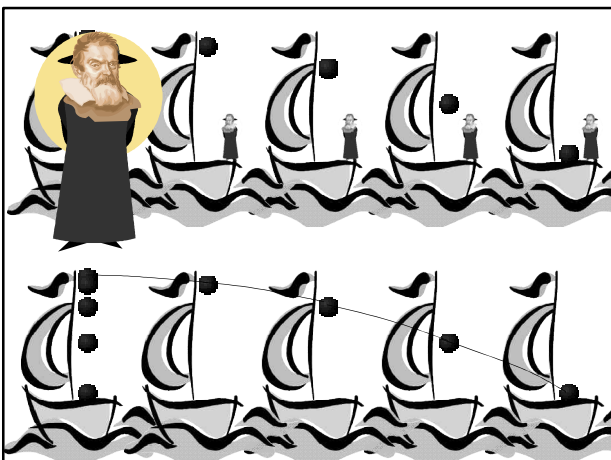
**Q2.**

**탑이 움직인다면,  
공은 탑과 함께 움직일 수 없다!**

정지한 배에서 떨어뜨린 공은 제자리에 떨어지지만,  
움직이는 배에서 떨어뜨린 공은 뒤쳐지지 않는가?

**No!**

돌은 늘 갑판의 같은 지점에 떨어져. 배가 가만히 있든, 또는 어떠한 속력으로 움직이든 늘 마찬가지야.

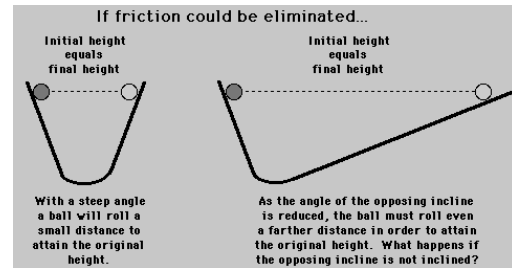


**Q3.**

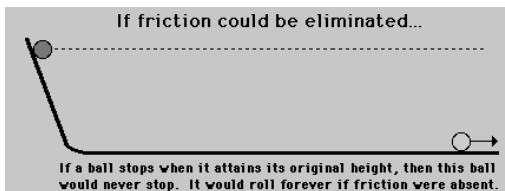
**정말? 실험해 봤어?  
어떻게 가능한가?**

### 실험할 필요도 없어!

돌은 배와 함께 운동하면서 각인된 수평 운동을 계속 하게 되고, 그 수평 운동은 속도가 줄어들거나 증가 할 이유가 없어.



내리막에서는 속력을 얻고,  
오르막에서는 속력을 잃고,  
수평면에서는?



(저항이 없다면) 수평면에서는 속력을 얻지도 잃지도 않으므로 일정한 운동이 영원히 지속될 것이다.

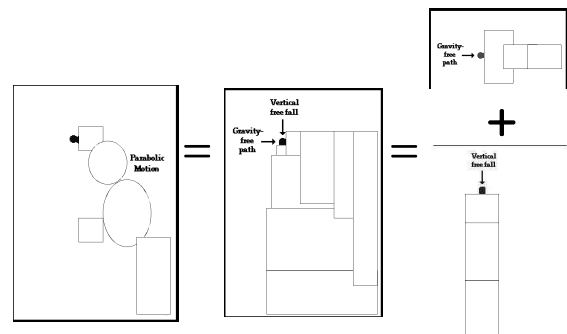
### Q4.

### 두 가지 운동의 공존은 불가능해!

하나의 운동이 다른 하나를 방해하지 않을까?

### No!

수평방향의 (원)운동과 수직방향의 운동은 서로 어떤 방해도 하지 않지.



수평 등속 운동 + 수직 등가속 운동 = 포물선 운동

### 갈릴레오의 성과

태양중심설을 수용할 때 발생하는 역학적 문제 해결  
근대 역학의 기본인 관성과 운동의 상대성 개념 고안  
운동에 대한 수학적 분석과 자유낙하 법칙의 확립

### 갈릴레오, 《대화》 둘째 날

1. 살비아티의 논변은 어떻게 태양중심설에 도움이 될까?
2. 살비아티가 사용하는 추론의 주된 특징은 무엇인가?
3. 갈릴레오의 '자연스러운 운동'은 아리스토텔레스의 '자연스러운 운동'과 동일하다고 할 수 있을까?
4. 갈릴레오는 관성 개념을 오늘날의 개념과 비교해보자.
5. 살비아티는 태양중심설에 대한 아리스토텔레스의 반대 논변을 모두 해결하고 있는가?
6. 갈릴레오의 논변으로 지구중심설을 물리칠 수 있을까?